



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 43 40 921 A 1

51 Int. Cl. 6:  
B 60 T 8/00  
B 60 T 8/32

21 Aktenzeichen: P 43 40 921.0  
22 Anmeldetag: 1. 12. 93  
43 Offenlegungstag: 8. 6. 95

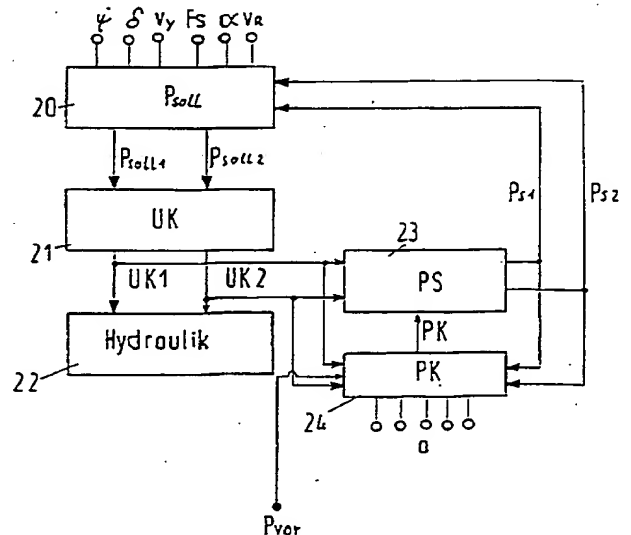
DE 43 40 921 A 1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Kost, Friedrich, Dipl.-Ing., 70806 Kornwestheim, DE;  
Weiss, Karl-Josef, Dipl.-Ing., 70193 Stuttgart, DE

54 Fahrdynamikregelsystem

57 Es wird ein Bremsdruckregelsystem beschrieben, bei dem Sollbremsdrücke ermittelt werden. Aus diesen werden Ventilansteuerzeiten berechnet und damit Druck in den Radbremszylindern eingesteuert. Die Radbremszylinderdrücke werden aus den Ansteuerzeiten der Ventile und dem Bremskreisdruck ermittelt. Diese werden bei der Solldruckermittlung mit verwendet. Zusätzlich ist nun noch eine Pumpe vorgesehen, die es ermöglicht, höhere als vom Fahrer eingesteuerte Drücke in den Radbremszylindern zu erzeugen. Die zur oben beschriebenen Sollbremsdruckermittlung benötigten Bremskreisdrücke werden der unter Verwendung einer Modellrechnung und des gemessenen Vordrucks ermittelt.



DE 43 40 921 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 95 508 023/72

6/29

## Beschreibung

## Stand der Technik

Aus der DE-A1 40 30 724 ist ein Fahrdynamikregelsystem einschließlich eines ABS bekannt, das die Merkmale des Oberbegriffs des Anspruchs 1 aufweist.

Dort wird aus dem gemessenen Vordruck (= Bremskreisdruk) und den Ventilansteuerzeiten der Bremsdruck im Radbremszylinder abgeschätzt. (Vordruck = Bremskreisdruk)

## Vorteile der Erfindung

Die Verwendung einer Pumpe ermöglicht es, höhere als vom Fahrer vorgegebene Bremsdrücke einzusteuern bzw. ohne Bremsbetätigung Druck einzusteuern. Bei der Erfindung muß trotzdem nur der Vordruck als Meßgröße vorliegen. Weitere Sensoren für die Druckmessung werden eingespart. Außerdem wird durch die erfindungsgemäße Schätzung der Bremskreisdrukke eine größere Schätzgenauigkeit als beim Stand der Technik erzielt, da die Rückwirkung der Druckänderungen in den Radbremszylindern auf den Bremskreisdruk durch das verwendete Modell erfaßt wird.

## Figurenbeschreibung

Anhand der Zeichnung wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert. Es zeigen Fig. 1 eine Hydraulik, wie sie bei der Erfindung genutzt werden kann, Fig. 2 ein Blockschaltbild des Reglers, Fig. 3 ein Diagramm.

In Fig. 1 ist mit 1 ein Hauptbremszylinder bezeichnet an den zwei Bremskreise angeschlossen sind. Ein Bremskreis umfaßt für jedes Rad 4 je ein Einlaßventil 2 und ein Auslaßventil 3, eine Vorladepumpe 6, eine Rückförderpumpe 7, ein Rücklaufventil 8 und ein Umschaltventil 9. Soll Bremsdruck an den Rädern 4 aufgebaut werden, ohne daß der Hauptbremszylinder 1 betätigt wird, dann erzeugen die dann wirksame Vorladepumpe 6 zusammen mit der Rückförderpumpe 7 einen Bremsdruck vor den Einlaßventilen 2. Das Rücklaufventil 8 und das Umschaltventil 9 sind dann bestromt, also in ihrer zweiten Schaltstellung.

Mittels der Einlaß- und Auslaßventile 2 und 3 kann nun in den Radbremsen der gewünschte Bremsdruck eingesteuert werden.

Fig. 2 zeigt einen Block 20, der entsprechend der DE-A1 40 30 724 aus den Meß- bzw. Schätzwerten Giergeschwindigkeit  $\psi$ , Lenkwinkel  $\delta$ , Quergeschwindigkeit  $V_y$ , Seitenkräfte  $F_s$ , Schräglaufwinkel  $\alpha$ , Radzylinderdrucke  $PS$  und Radgeschwindigkeiten; Sollbremsdrücke hier nur für die Räder eines Bremskreises ( $PS_{soll1}$  und  $PS_{soll2}$  Bremskreisaufteilung beliebig) erzeugt. Aus diesen Sollldrücken erzeugt ein Block 21 Ventilansteuersignale  $UK1$  und  $UK2$  entsprechender Länge. Diese werden einer die Ventile enthaltenden Hydraulik 22 zugeführt.

Ein Block 23 schätzt aus den Ansteuerzeiten  $UK$  und dem Kreisdruck  $P_k$  nach einem Hydraulikmodell die Bremszylinderdrucke  $PS1$  und  $PS2$ . Diese werden dem Block 20 zugeführt, in dem diese Drücke bei der Berechnung der Sollbremsdrücke berücksichtigt werden. Es ist hier also kein direkter Vergleich zwischen den Soll- und Istbremsdruckwerten vorgesehen.

Ein weiterer Block 24, dem die Ventilansteuersignale  $UK1$  und  $UK2$ , der vom Fahrer vorgegebene gemessene Vordruck, sowie die Bremszylinderdrucke  $PS1$  und  $PS2$  zugeführt werden und dem fahrzeugspezifische Konstante  $a1$  bis  $a5$  eingegeben werden, schätzt gemäß den im Anspruch 1 angegebenen Beziehungen den Bremskreisdruk  $P_k$  und liefert ein entsprechendes Signal  $PK$  an dem Block 23.

Beispielhaft wird im folgenden für die Hinterachse das Modell zur Berechnung des Kreisdrucks beschrieben. Für die Vorderachse wird das gleiche Modell jedoch mit anderen Parametern verwendet.

Es werden folgende Größen vereinbart:

ASV2 = 1 Einschalten der hinteren Vorladepumpe und der selbstansaugenden Rückförderpumpe und das Rücklaufventil und das Umschaltventil sind bestromt

ASV2 = 0 Abschalten der hinteren Vorladepumpe und der selbstansaugenden Rückförderpumpe und die beiden Ventile sind stromlos

$PK_{2k}$  Hinterer Kreisdruck zum Zeitpunkt  $k$

$V_p$  Volumenstrom, der von den Pumpen gefördert wird, eine rechnerische Zwischengröße

$V_{-Hl}$  Volumenstrom in den Radbremszylinder hinten links, eine rechnerische Zwischengröße

$V_{-Hr}$  Volumenstrom in den Radbremszylinder hinten rechts, eine rechnerische Zwischengröße

$P_{O2}$  Öffnungsdruck des Druckbegrenzungsventils des Umschaltventils 9

$P_{vor}$  der vom Fahrer vorgegebene, gemessene Hauptbremszylinderdruck (Vordruck).

Die Druckänderung im hinteren Bremskreis wird durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$PK_{2k+1} - PK_{2k} = k_1 \cdot V_p - k_2 \cdot V_{-Hl} - k_3 \cdot V_{-Hr} \quad (1).$$

Die Volumenströme in die Radbremszylinder können wie folgt abgeschätzt werden:

$$V_{-Hl} = k_4 \cdot UK_{-Hl} \cdot (PK_{2k} - PM_{-Hl_k})$$

$$V_{-Hr} = k_5 \cdot UK_{-Hr} \cdot (PK_{2k} - PM_{-Hr_k})$$

$k_i$ : Konstanten, sie sind rechnerische Zwischengrößen  
 UK<sub>Hx</sub>: Ansteuerzeit der EV-Ventile  
 PM<sub>Hx</sub>: gemessene Drücke in den Radbremszylindern

Da keine gemessenen Radbremszylinderdrücke vorliegen, werden die Schätzdrücke PS<sub>x</sub> verwendet (aus dem Block 23). 5

Unter der Annahme, daß der Volumenstrom der Pumpen konstant ist, erhält man für die Schätzung des Kreisdrucks das in den Parametern lineare Modell:

$$PK2_{k+1} = PK2_k + a_1 - a_2 \cdot UK_{H1} \cdot (PK2_k - PS_{1k}) - a_3 \cdot UK_{Hr} \cdot (PK2_k - PS_{2k}) + P_{vor} \quad (2) \quad 10$$

Der geschätzte Anteil ist dem Vordruck  $P_{vor}$  überlagert, falls ein solcher Vordruck vorhanden ist (gebremst wird):

$$\begin{aligned} \text{mit } P_{vor} \leq PK2_{k+1} \leq P_{vor} + PO2 \\ \text{mit } a_1 = k_1 \cdot V_p \quad a_1 > 0 \text{ z. B. } 30.0 \\ a_2 = k_2 \cdot k_4 \quad a_2 > 0 \text{ z. B. } 0.0125 \\ a_3 = k_3 \cdot k_5 \quad a_3 > 0 \text{ z. B. } 0.0125 \end{aligned} \quad 15$$

Die Gleichung (2) wird nur verwendet wenn ASV2 den Wert 1 hat, d. h. wenn der Kreisdruck aktiv erhöht wird. 20

Wenn die Pumpen abgeschaltet werden ( $ASV2 = 0$ ), berechnet sich der Kreisdruck über die folgende Beziehung:

$$PK2_{k+1} = a_4 \cdot PK2_k + a_5 + P_{vor} \quad (3) \quad 25$$

mit  $0 < a_4 < 1$  z. B. 0.3

$a_5 < 0$  z. B. -0.1

mit  $PK2_k > P_{vor}$ .

Die Parameter  $a_i$  können aus Messungen vorab mittels geeigneter Identifikationsverfahren bestimmt werden. In diesen Parametern werden alle Größen wie Abtastzeit, Pumpenleistung, Drossel- bzw. Leitungsquerschnitte usw. zusammengefaßt. 30

Die Gleichungen (2) bzw. (3) können in ihrer Ordnung erhöht werden, um Nichtlinearitäten im unteren Druckbereich besser beschreiben zu können. (z. B. Erweiterung von Gleichung (2))

$$PK2_{k+1} = PK2_k + a_1 - a_2 UK_{H2} (PK2_k - PS_{1k}) - a_3 \times UK_{Hr} (PK2_k - PS_{2k}) + a_6 PKZ_k + P_{vor}. \quad 35$$

Fig. 3 zeigt sowohl die beiden Radbremszylinderdrücke PS1 und PS2 als auch den gemessenen und geschätzten Hinterachskreisdruck  $PK_{gem}$  und  $PK$  während eines ASR-Eingriffs innerhalb der Fahrdynamikregelung.

Beim Einschalten der Pumpen ( $ASV2 = 1$ ) folgt der geschätzte Kreisdruck dem gemessenen. Sobald die Einlaßventile sperren ( $UK = 0$ ), wird die Kreisdruckänderung nur noch durch das geförderte Volumen der Pumpen bestimmt, was sich im steileren Druckgradienten während des Kreisdruckaufbaus zeigt. 40

Der Druck steigt solange bis das Druckbegrenzungsventil bei einem vorgegebenen Druck öffnet, und dieser somit nicht überschritten werden kann.

Wird nun aufgrund der Radregelung ein größerer Druckaufbau in den Radbremszylindern verlangt, fließt entsprechendes Volumen in diese ab, und der Kreisdruck fällt deutlich ab. 45

Auch dieses Verhalten wird vom Modell gut beschrieben.

#### Patentansprüche

1. Bremsdruckregelsystem, bei dem aufgrund von Meß- und Schätzwerten, wozu die Bremszylinderdrücke PS gehören, Sollbremsdrücke PS für die Radbremszylinder ermittelt werden, und bei dem aus den Solldrücken PS mittels eines inversen Hydraulikmodells Ansteuerzeiten UK für eine Einlaßventile aufweisende Hydraulik ermittelt werden, wobei weiterhin der Istdruck aus dem Bremskreisdruck und den Ansteuerzeiten der den einzelnen Bremsen zugeordneten Einlaß- und Auslaßventile mittels eines Hydraulikmodells abgeschätzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung des Bremskreisdrucks eine Pumpe vorgesehen ist, die bei gefordertem Druckaufbau wirksam gemacht wird und dann einen konstanten Volumenstrom liefert und daß der Bremskreisdruck PK für jeden Bremskreis nach Maßgabe der folgenden Beziehungen geschätzt wird: 50

$$PK_{k+1} = PK_k + a_1 - a_2 \times UK1 (PK_k - PS_{1k}) - a_3 \times UK2 (PK_k - PS_{2k}) + P_{vor} \quad 60$$

wobei diese Beziehung bei gefordertem Druckaufbau an wenigstens einer der beiden Radbremsen gültig ist und 65

$$PK_{k+1} = a_4 \times PK_k + a_5 + P_{vor}$$

wobei diese Beziehung sonst gültig ist und wobei UK1 und UK2 die gemessenen Ventilansteuerzeiten der

zu einem Bremskreis gehörenden Einlaßventile sind, PS1 und PS2 die geschätzten Istdrücke in den zugehörigen Radbremszylindern,  $P_{\text{vor}}$  der vom Fahrer gegebenenfalls vorgegeben gemessene Bremszylinderdruck und  $a_1$  bis  $a_5$  fahrzeugspezifische Konstante sind.

2. Bremsdruckregelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die bei gefordertem Druckaufbau ( $ASV = 2$ ) gültige Beziehung um den Ausdruck  $+ a_6 PK_K$  erweitert ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

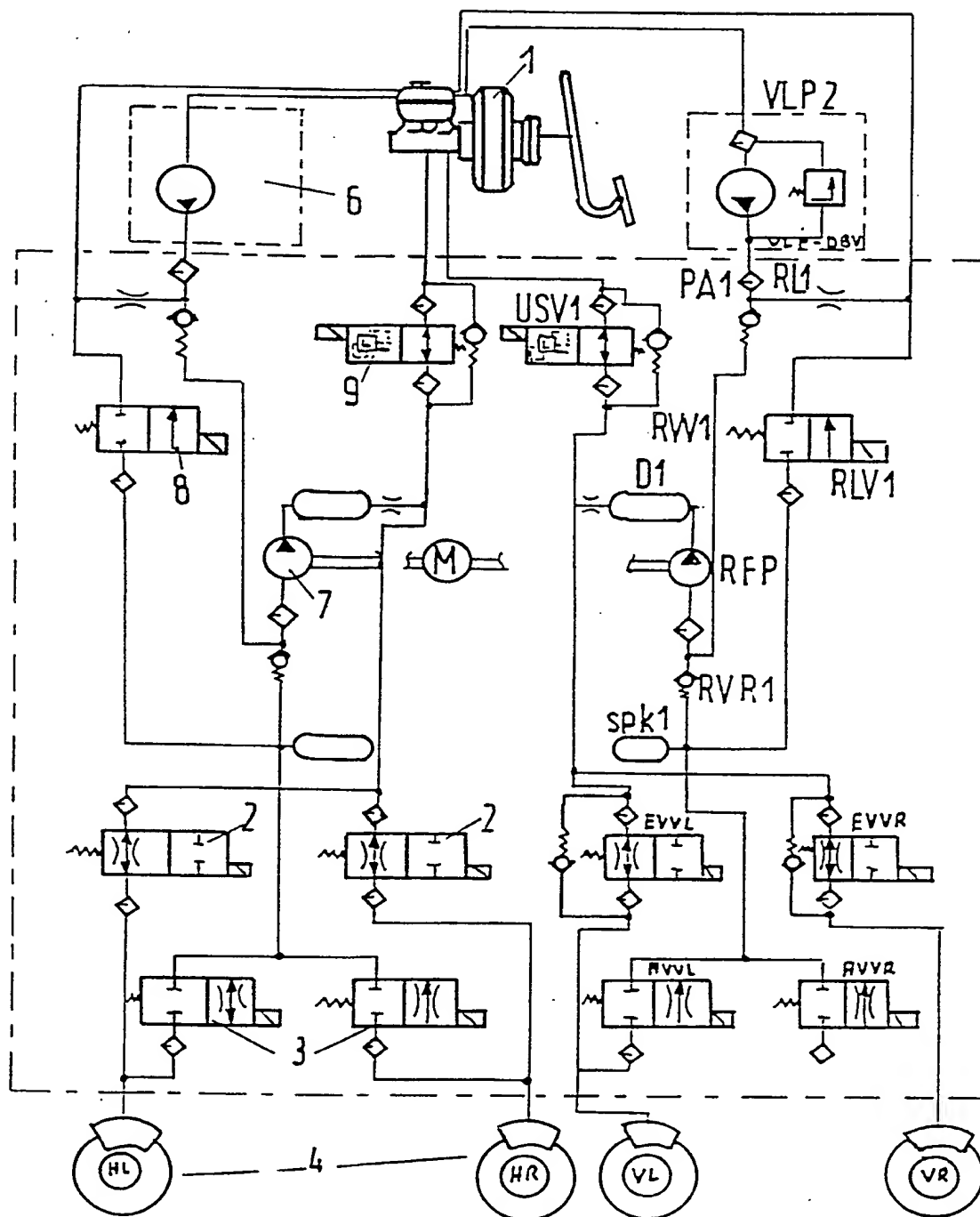
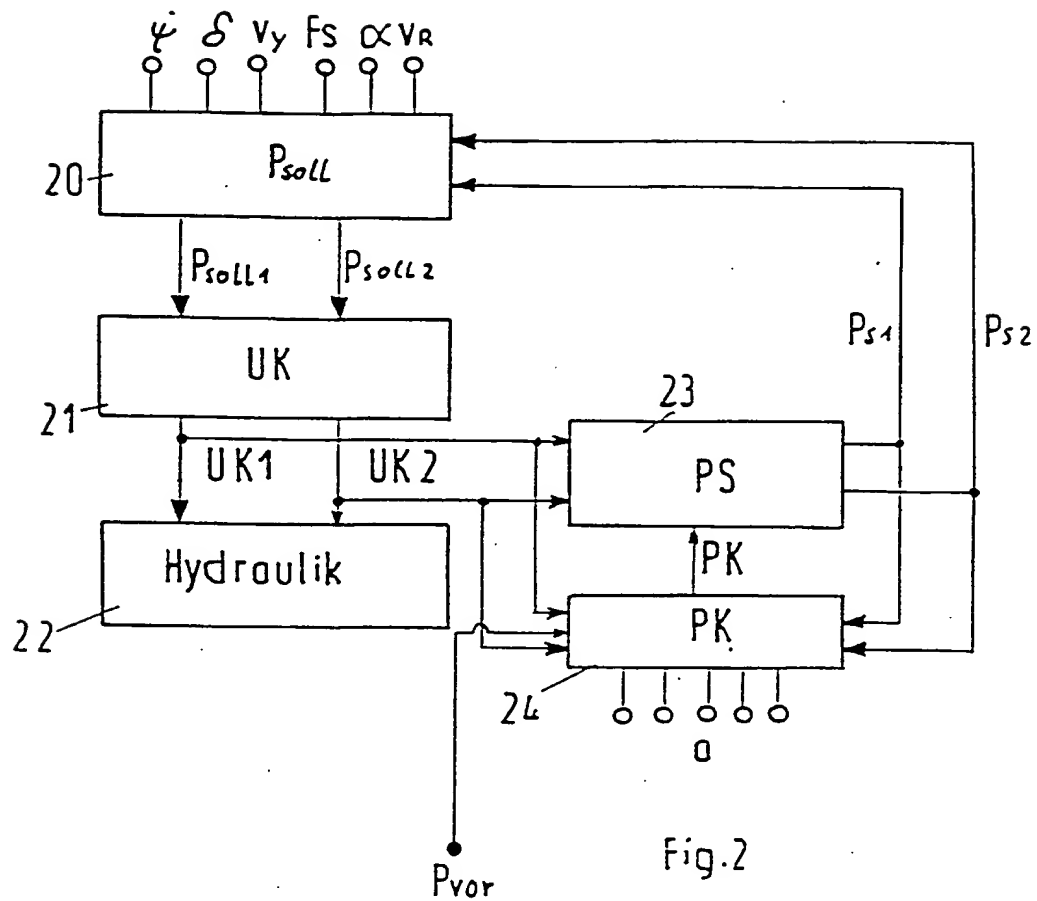


Fig.1



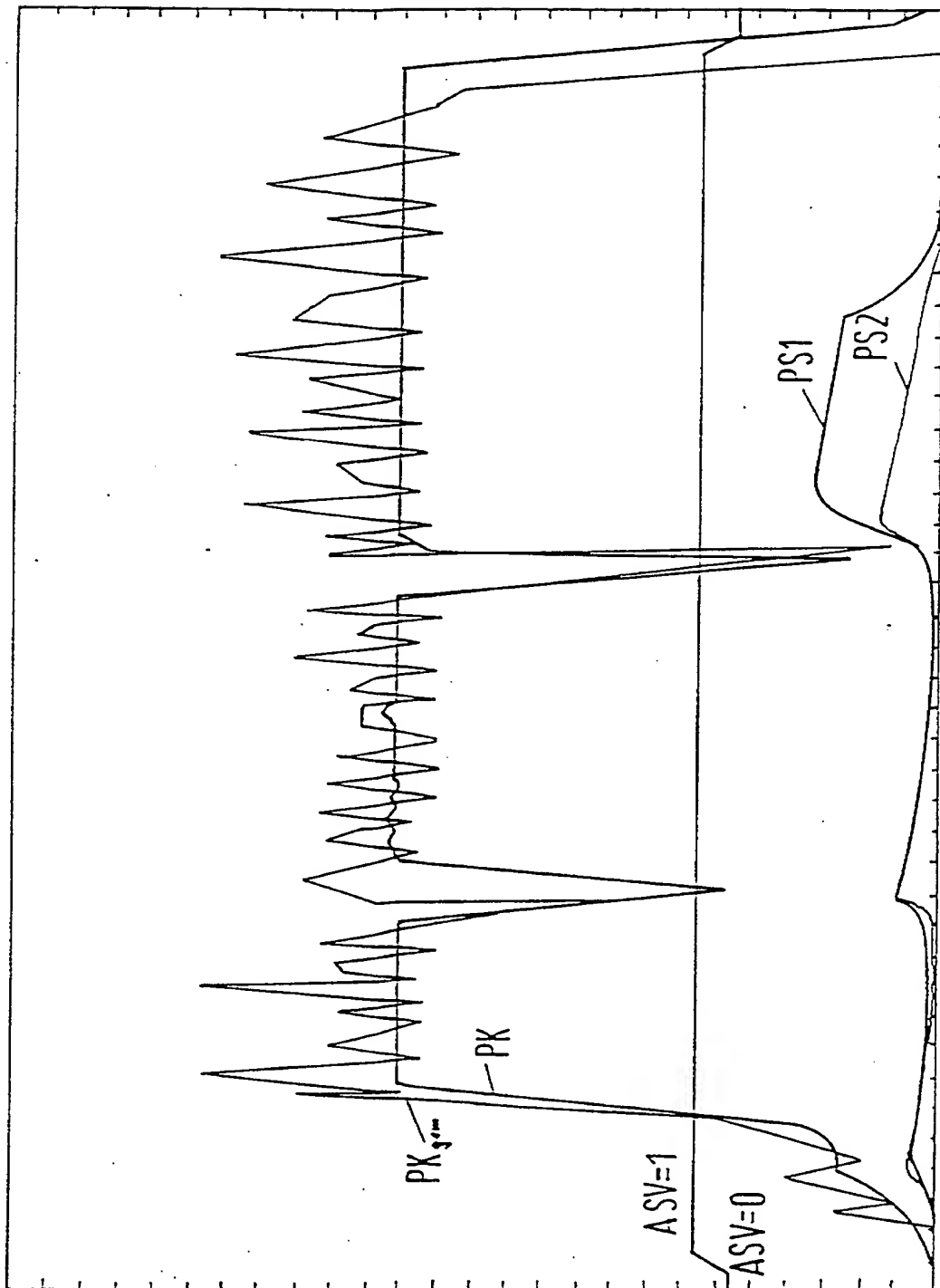


Fig. 3